

**SVEUČILIŠTE U SPLITU**

**FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE**

# **Projektiranje kružnih tokova**

**Završni rad**

**Split, 2014.**

# PROJEKTIRANJE KRUŽNIH TOKOVA

## UVOD

Tema ovog rada je prikazati cjelovit pristup svim fazama procesa nastanka kružnog raskrižja, odnosno projektiranja kružnog toka. Korištenjem američke literature prikazan je način projektiranja kružnih tokova u Americi, koji je opisan u 4 faze. Predložena je metodologija provjere opravdanosti izvedbe kružnih raskrižja u urbanim sredinama, prikazani su kriteriji za izvedbu kružnih raskrižja te formiranje postupka (protokola) provjere kriterija za lociranje i izvedbu kružnih raskrižja u urbanim sredinama. Navedeni su kriteriji koje je potrebno zadovoljiti prilikom projektiranja kružnog toka u Hrvatskoj, ali su u ovom radu prošireni po uzoru na američke. Navedeni su i prikazani neki od kružnih tokova u Hrvatskoj, te opisane njihove glavne karakteristike.

Na samom kraju priložen je kratak komentar.

U *prvom poglavlju* je definiran kružni tok kao tip raskrižja, navedene su njegove najvažnije karakteristike, te neke prednosti i nedostaci u odnosu na klasično (semaforizirano) raskrižje. Zatim su navedeni i svi ostali zahtjevi koje je potrebno zadovoljiti projektiranjem.

U *drugom poglavlju* objašnjen je postupak projektiranja kružnog toka, savjeti za projektanta, ispravan pristup problemu, te su obrađene faze projektiranja kružnih tokova u Americi.

U *trećem poglavlju* navedeni su kriteriji za projektiranje kružnog toka u Hrvatskoj, ali su prošireni po uzoru na američke kriterije. Detaljno je obrađen svaki od kriterija, način njihove provjere za konkretan kružni tok, te primjeri nekih izmjena.

U *četvrtom poglavlju* dani su primjeri kružnih tokova u Hrvatskoj, uz slike i kratak opis.

U *petom poglavlju* napisan je komentar o opravdanosti i potrebi projektiranja kružnih tokova u Hrvatskoj.

# 1. OSOBINE KRUŽNIH TOKOVA

## 1.1. Kružni tokovi općenito

*Kružni tokovi* su kružna raskrižja sa specifičnim projektnim karakteristikama i načinom kontrole prometa. Te karakteristike uključuju: znak sporednog smjera na prilazima, kretanje vozila u smjeru suprotnom od kazaljke na satu, propuštanje prometnih tokova velikih jakosti, kanalizirani pristup, adekvatno oblikovanje krivine da bi se u kružnim kolničkim trakovima postigle brzine koje su uglavnom manje od 50 km/h.

## 1.2. Što je dobro projektiran kružni tok?

Svaki dobro projektiran kružni tok podrazumijeva zadovoljene sljedeće zahtjeve :

- veliku sigurnost
- kontinuitet vožnje
- ekonomičnost

### 1.2.1. Velika sigurnost

- ujedno i najveća prednost kružnih tokova
- puno veća sigurnost s obzirom na klasična (semaforizirana) raskrižja
  - a) zbog manjeg broja konfliktnih točaka
    - ❖ *konfliktne točke* su mjesta na kojima se putanje dva vozila, ili vozila i biciklista, ili vozila i pješaka ispliću, upliću ili križaju
  - b) zbog smanjene brzine kretanja vozila u kružnom toku koju uvjetuje sama geometrija kružnog toka i dobri signalizacijski uređaji (uglavnom manje od 50km/h)
- manje posljedice prometnih nezgoda (bez čelnih i sudara pod pravim kutom)
  - a) broj nezgoda automobila je veći ali oštećenja su lakša
  - b) nemotorizirani sudionici u prometu (biciklisti i pješaci) iz nesreća izlaze s težim ozljedama nego kod drugih oblika raskrižja
- razina prometne sigurnosti se *smanjuje*:
  - a) povećanjem broja kružnih prometnih trakova

- b) pri većem biciklističkom i pješačkom prometu koji presijecaju jedan ili više privoza raskrižja.

### 1.2.2. Kontinuitet vožnje

- kontinuitet vožnje je osiguran kraćim čekanjem na privozima
- kanalizirani promet se odvija u smjeru suprotnom od kazaljke na satu



Slika 1.

- omogućeno je spajanje 4 i više priključaka (rezultat je povećanje propusne moći)
- kako je ovim raskrižjima omogućeno propuštanje jačih prometnih tokova, dolazi do povećanja propusne moći raskrižja što ih nameće kao dobro rješenje u slučajevima raskrižja s više privoza

### 1.2.3. Ekonomičnost

- Odabrano raskrižje mora biti ekonomično, odnosno omjer *troškova* i *koristi* u planskom razdoblju korištenja mora biti povoljan

a) *troškove* čine:

- početni troškovi za izgradnju
- troškovi korištenja
- troškovi održavanja u projektnom razdoblju raskrižja

b) *koristi* su:

- uštede u vremenu putovanja
  - uštede u trošku goriva
  - količina ispušnih plinova
  - manji broj nesreća itd.
- *manji troškovi* održavanja u usporedbi s klasičnim (semaforiziranim) raskrižjima
  - znamo da ukupan trošak obuhvaća trošak softverske(programske) podrške i trošak samog izvođenja, ali točno projektiranje kvalitetnog modela na osnovi točnih podataka je neprocjenjivo

### 1.3. Zahtjevi koje je potrebno zadovoljiti projektiranjem

Dobrim odabirom lokacije i geometrijskim karakteristikama kružnog toka postižu se sljedeći zahtjevi:

*a) smanjena brzina unutar kružnog toka (vozila i biciklista)*

#### ❖ *Projektna brzina*

Povećavanjem zakrivljenosti putanje vozila smanjuje se relativna brzina između ulaska i cirkuliranja vozila, ali se isto tako povećava bočno trenje između susjednih prometnih tokova u višetrničnim kružnim tokovima. Međutim, kod višetrčnih kružnih tokova, povećavanjem zakrivljenosti putanje povećava se bočno trenje između susjednih prometnih tokova, te postoji mogućnost presijecanja putova, te opasnost od sudara. Zbog toga, za svaki oblik kružnog toka, definirana je optimalna projektna brzina kako bi se smanjio broj nesreća. Te vrijednosti navedene su u tablici 2:

Vrsta kružnog toka	Preporučena max projektna brzina ulaska
Mini kružni tok	25 km/h
Gradski kompaktni	25 km/h
Gradski jednotračni	35 km/h
Gradski dvotračni	40 km/h

Tablica 1. Preporučene max projektne brzine ulaska u kružni tok

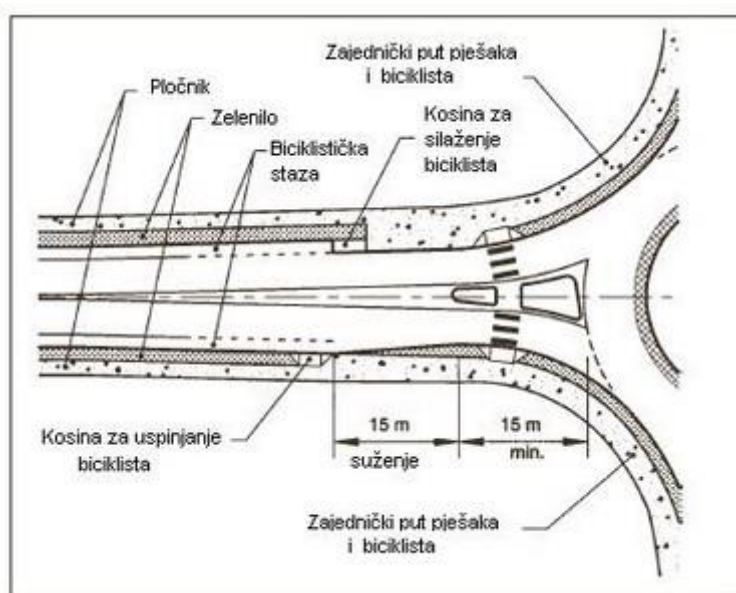
*b) prostor za sigurno kretanje pješaka i biciklista (uz pomoć prometnih otoka, rampa za bicikle, pločnika/puteva)*

- ❖ *Pločnik* bi trebao biti postavljen dalje od cirkulirajućeg toka, da pješaci ne bi dolazili u napad prelaziti cestu do središnjeg otoka, pogotovo kad je postavljen i povozni dio ili kad se na središnjem otoku nalazi nekakav spomenik. Preporučena udaljenost pločnika od cirkulacijskog toka je 1.5 m, dok je minimalna 0.6 m. Između pločnika i rubnika se može posaditi trava ili nisko raslinje.

#### ❖ *Odredbe za bicikliste*

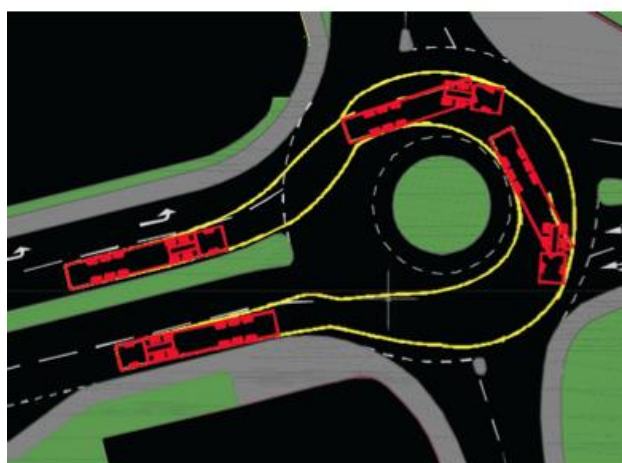
Staza za bicikle treba završavati prije kružnog toka, da bi se oni uključili u promet zajedno s vozilima. Zbog toga se preporučuje da biciklistička staza završava 30 m od granične linije. Ova metoda je najuspješnija kod manjih kružnih tokova gdje prevladavaju brzine manje od 30 km/h, te se tako brzine biciklista mogu lako prilagoditi brzinama vozila.

Za veću sigurnost biciklista, da ne voze cirkulacijskim tokom, kod nekih kružnih tokova je osigurano korištenje pločnika zajedno s pješacima. Projektant treba taj prijelaz pažljivo odabrati da ne bi ugrozio promet pješaka.



Slika 2. Moguće rješenje za bicikliste

c) *prostor za nesmetan promet svim vozilima (posebice kamionima)*



Slika 3.

d) osiguran potreban **zaustavni put i preglednost**

e) osiguran dobar raspored prometnih traka

## 2. FAZE PROJEKTIRANJA

### 2.1. OSMIŠLJAVANJE PROJEKTA

#### 2.1.1 Pristup projektiranju

*Prije projektiranja kružnog toka potrebno je provjeriti opravdanost njegove primjene. To ćemo napraviti uvođenjem analize (svojevrzne studije) opravdanosti njegove izvedbe kao sastavnog (početnog) dijela projektne dokumentacije.*

Projektant treba promatrati i rješavati problem:

- *Na početku projektiranja* kao cjelinu (holistički, intuitivan pristup, sinteza problema)
- *U zadnjim fazama projektiranja* kao skup manjih problema (objektivan, logički, racionalan, analitički pristup)

Projektant treba koristiti sposobnosti i znanja stečena obrazovanjem i iskustvom u građevinskoj praksi, ali isto tako i svoju kreativnu stranu. Treba promatrati problem i iz perspektive svih sudionika u prometu (vozači, biciklisti, pješaci).

90% projektiranja kružnog toka čini misaoni proces, dok samo 10% čine pravila i standardi iz građevinske prakse.

Projektant ne smije prilagođavati model kružnog toka onome iz vodiča. Potrebno je pažljivo uzimati pravila iz građevinske literature/vodiča, te uvijek provjeriti njihovu točnost i primjenu na vlastiti projekt.

#### 2.1.2. Prva faza

Prvu fazu čini razumijevanje i analiza glavnih kriterija.

##### *a) Početna skica*

Osnovni plan (skicu) poželjno je ručno skicirati, bez detalja. Treba biti što jednostavniji i razumljiviji.

Potrebno je:

- skicirati sve zgrade, parkirališta, uličice, dalekovode za izabrano područje
- skicirati krug (odrediti veličinu i točnu lokaciju kružnog toka)
- odrediti izlazne trake, a zatim i ulazne, pazeći pritom na dozvoljene brzine

### b) Preliminarni tlocrt

Preliminarni tlocrt isto je poželjno ručno skicirati, bez detalja. On sadrži ispravke početne skice. Željeni rezultat zahtijeva značajnu količinu iteracija (u usporedbi s ostalim oblicima raskrižja), geometrijsko planiranje, analize funkcioniranja, te procjene sigurnosti. Iako je najlakše projektirati svaki geometrijski element zasebno, najvažnije je da su ti elementi međusobno usklađeni.

### 2.1.3. Druga faza

Drugu fazu čini detaljna provjera kriterija i valorizacija.

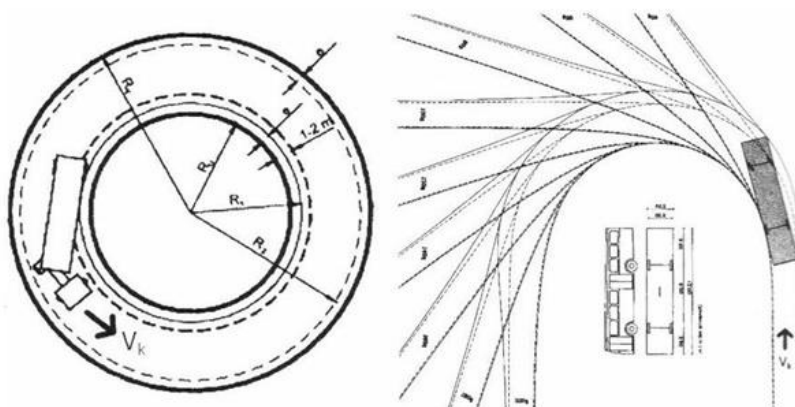
#### a) Provjera uvjeta za vozila (na ulazima, izlazima i unutar kružnog toka)

Vozači sami donose odluku kada će ući/izaći iz kružnog toka.

- ❖ *Vozačima na ulazima* u kružni tok treba omogućiti više vremena za prosudbu i prilagodbu brzine, te siguran prijelaz u cirkulirajući promet. Ulazni promet, koji mora čekati na graničnoj liniji, traži još veće vremenske praznine između cirkulirajućih vozila u čiji promet se uključuje, te što je promet brži, veći su razmaci. Sve to uzrokuje još duža čekanja na graničnoj liniji.
- b) **Geometrija** prilagođena vozilima svih dimenzija, kapaciteta i težina koja se mogu pojaviti u kružnom raskrižju i njihovoj sigurnoj i nesmetanoj kretnji.

#### ❖ Kružni kolnik

Za svako kružno raskrižje potrebno je provjeriti provoznost kružnog kolnika prema mjerodavnom vozilu, posebno pri projektiranju malih kružnih raskrižja u urbanim sredinama kojima prometuju autobusne linije gradskog prijevoza





## Slika – Elementi za provjeru provoznosti kružnog kolnika i privoza

Središnji kružni otok bi trebao u oblikovnom i funkcionalnom pogledu ispuniti bitne kriterije, kao što su:

- omogućavanje prepoznavanja kružnog raskrižja u prometnoj mreži
- naglašavanje prekida trase sa svojstvima slobodnog toka
- omogućavanje obilaženja vozila (ako je izveden kao provozan)
- osiguravanje mjesta za postavljanje prometnih znakova
- osiguravanje prostora za posebna oblikovanja i krajobrazna uređenja.

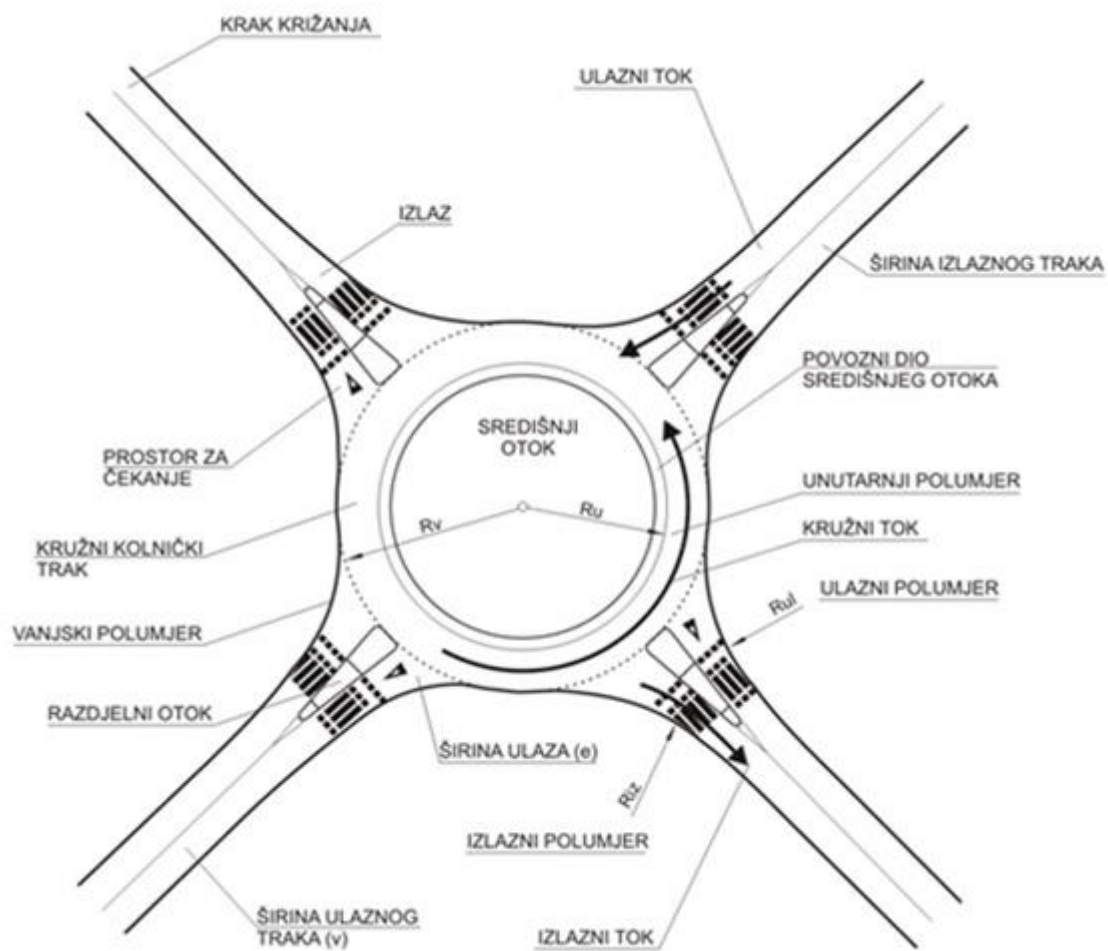
Prijelazni prsten ima širinu od 1,5 do 2,0 m, a nalazi se između kružnog kolnika i središnjeg otoka, omogućavajući lakši prolaz duljih vozila. Izvodi se od različitog materijala (npr. betonskih elemenata) i/ili u drugoj boji nasuprotnoj boji kolnika, te u poprečnom nagibu oko 4,0 %. Razgraničenje s provoznim dijelom središnjeg otoka treba predvidjeti uz pomoć izdignutih rubnjaka visine 12-14 cm.

### ❖ *Projektno-oblikovni elementi rotora*

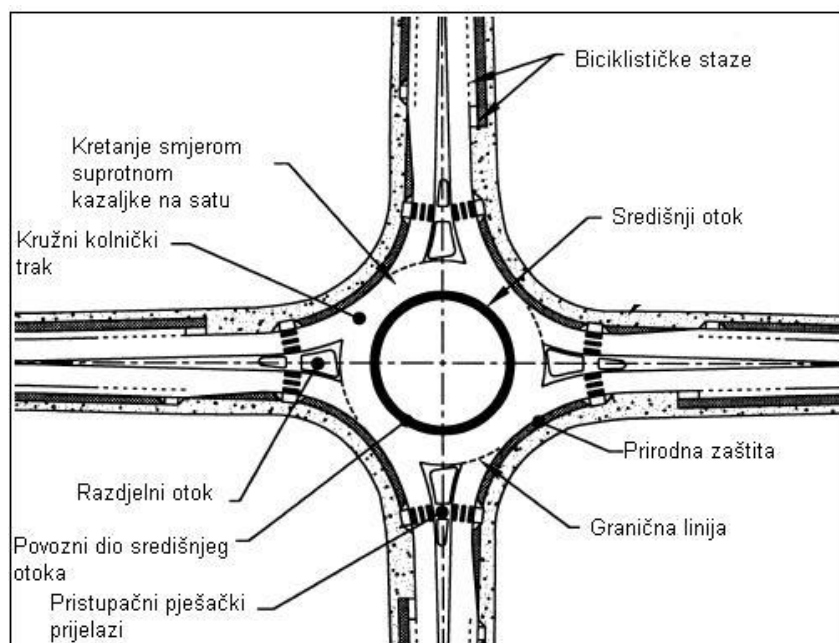
Potrebno je odrediti geometrijske parametre (uz pomoć pravilnika i vodiča), a oni ovise o broju ulaznih krakova kružnog toka (jedna, dvije, tri itd.)

Projektiranje se izvodi u nekoliko glavnih koraka, odabirom:

- vanjskog promjera, tj. polumjera raskrižja ( $D_v$ ,  $R_v$ )
- širine kružnog kolnika ( $B$ )
- širine ulaznog i izlaznog dijela privoza ( $b_u$ ,  $b_i$ )
- širine otoka ili razdjelnika u privozu ( $b_o$ )
- ulaznog kuta ( $\varphi$ )
- polumjera ulaznog i izlaznog zaobljenja ( $R_u$ ,  $R_i$ )
- horizontalnog i visinskog vođenja kružnog raskrižja
- poprečnog nagiba kružnog traka i odvodnje, itd. (slika 5)



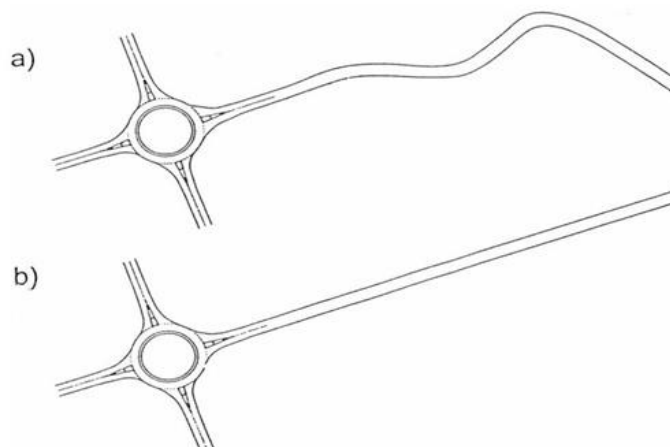
Slika – Osnovni elementi kružnog raskrižja (primjer četverokračnog kružnog raskrižja)



## Ključni elementi kružnih tokova

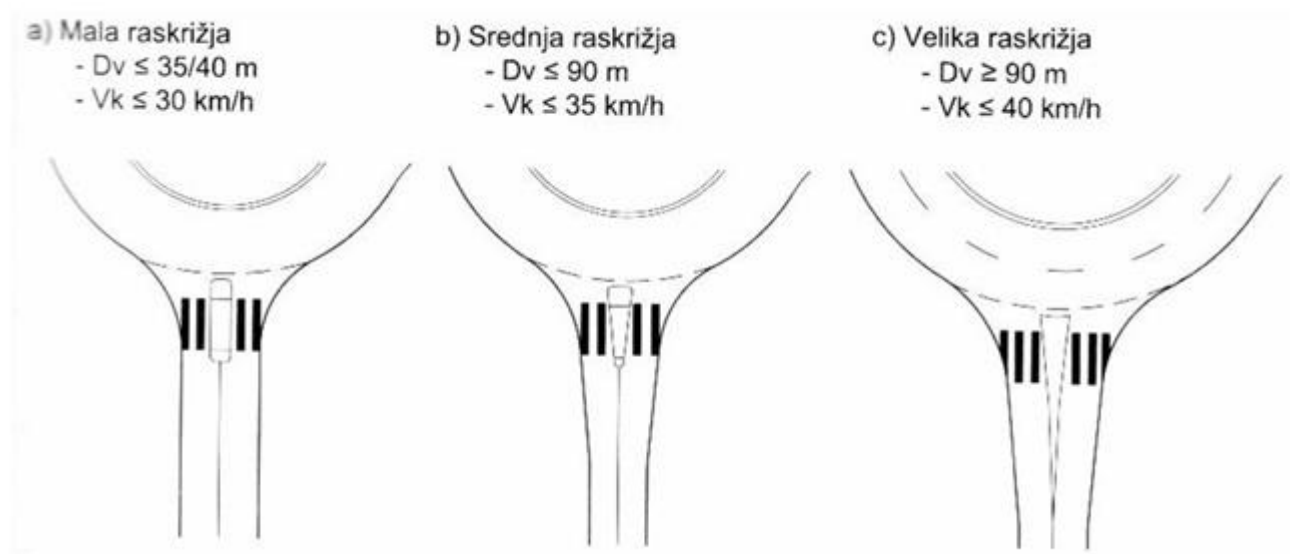
### ❖ *Privozi*

Jedan od najosjetljivijih postupaka kojim se bitno utječe na sigurnost i propusnu moć kružnog raskrižja je izbor projektnih elemenata i detalja oblikovanja privoza. Pritom je potrebno razlikovati i zasebno dimenzionirati ulazni, odnosno izlazni dio privoza. U ulaznom dijelu puna pozornost se mora posvetiti širini ulaza ( $e'$ ) i duljini proširenja ulaza ( $l'$ ). Priključni kolnik privoza u pravilu treba biti položen okomito na kružni kolnik, tj. radijalno usmjeren prema središtu raskrižja. Ovakvo oblikovanje ulaza privoza bitno je radi povećanja sigurnosti prometa te iz istog razloga ta pravila vrijede i pri projektiranju izlaza iz kružnog raskrižja (slika 7).

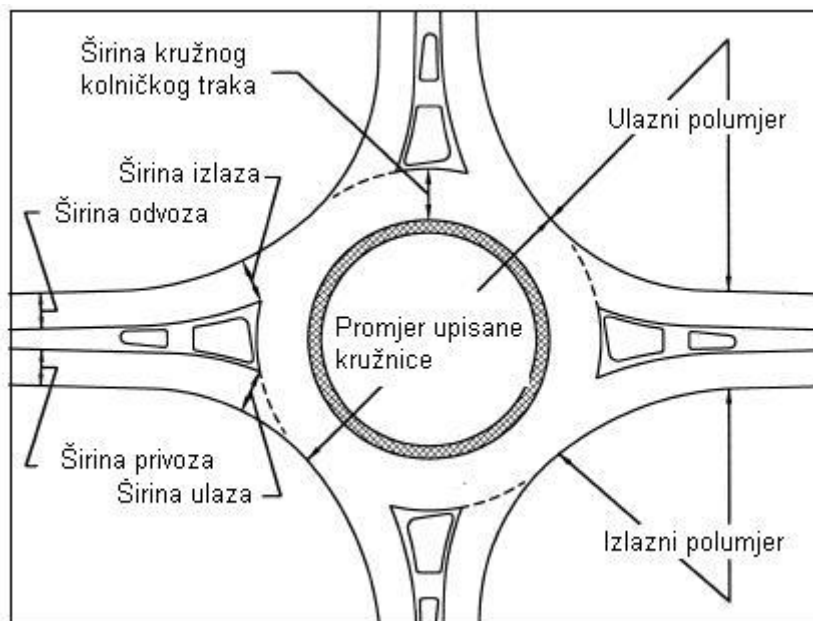


Slika – Tok prilazne ceste a) primjena izvan naselja b) u urbanim sredinama

Sa stanovišta sigurnosti, najpoželjniji položaj privoza je takav u kojem se produžetci privoza sijeku u samo jednoj točki te ako je to sjecište u središtu kružnog raskrižja. Najlošija je situacija ona kada je sjecište desno od središta, jer se time povećava najveća moguća brzina na ulazu u kružni tok prometa. Preporučljivo je da se na velikim kružnim raskrižjima koriste otoci oblika lijevka, a na malima trokutastog oblika (slika 8). U projektno-oblikovnom pogledu, razdjelne otoke treba postaviti okomito na kružni kolnik, a najmanja širina ne smije biti ispod 1,60 m. Za slučaj prijelaza pješaka, razdjelni otok mora imati širinu minimalno 2,00 m, tj. za bicikliste minimalno 2,50 m.



Slika – Oblici razdjelnih otoka, ovisno o veličini ( $D_v$ ) i brzini uvoženja ( $V_k$ ) a) paralelni b) trokutasti i c) Ijevkašti



Slika Dimenzije osnovnih geometrijskih elemenata

- c) *Najbrži mogući putevi*  
 d) *Preklapanje puteva*

Nedostaci kružnog toka u odnosu na izravno kanalizirana raskrižja je nepotrebno isprepletanje tokova koji skreću ulijevo iz suprotnih smjerova.

e) *Procjena udara (sudara)*

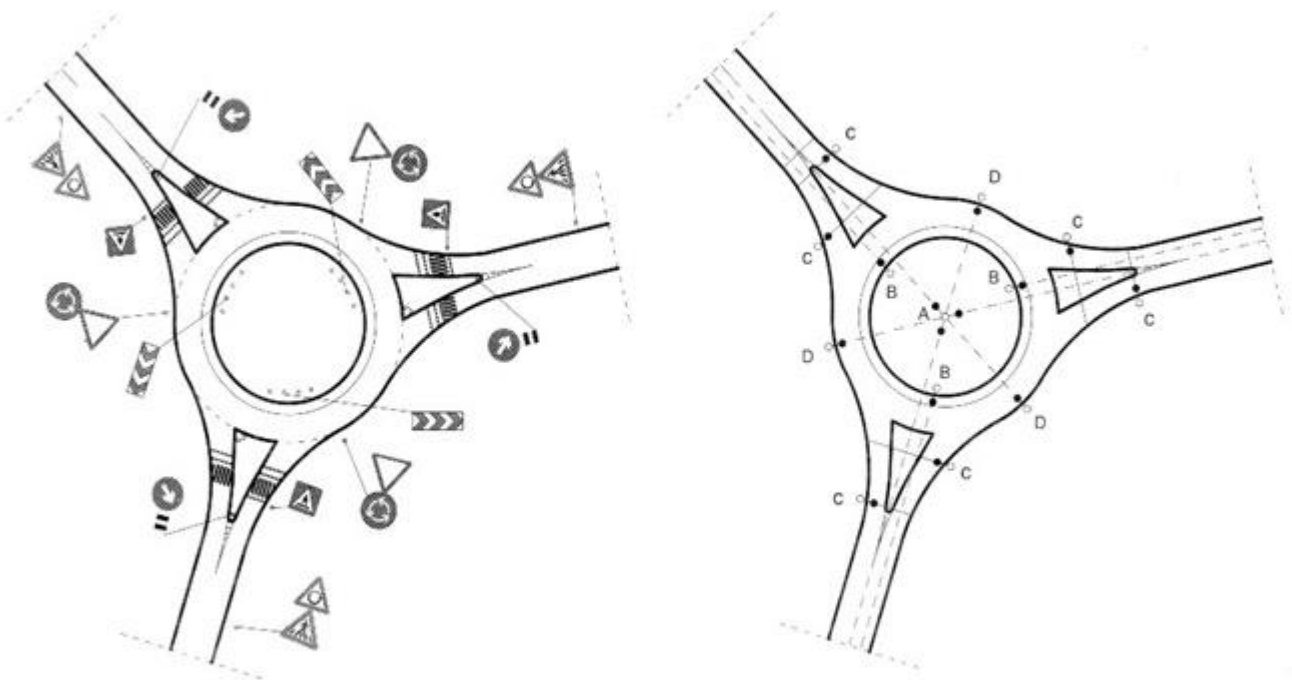
f) *Signalizacija*

Prometna oprema raskrižja najizravnije utječe na sigurnost i propusnu moć. Prometne oznake ispred i unutar kružnog raskrižja imaju ulogu reguliranja i naznačivanja:

- umirivanja prometnog toka
- pripreme za kružni tok
- pravovremene pripreme za usmjeravanje na izlaz iz kružnog toka

Na unutarnjem dijelu razdjelnog otoka postavljaju se oznake lokaliteta (informacijske ploče) i putokazi. Ispred raskrižja, u području približavanja, postavljaju se obavijesne oznake i znakovi naredbe:

- ograničenje brzine
- prethodna ploča s najavom kružnog toka
- oznaka pješačke ili biciklističke staze i ostale oznake



Slika 4. – Dispozicija prometnih znakova i rasvjetnih tijela u kružnom raskrižju

#### **2.1.4. Treća faza**

U trećoj fazi projektant razrađuje detalje kružnog toka.

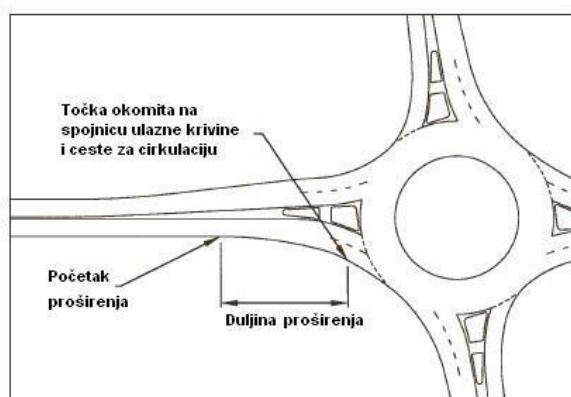
*Konačna horizontalna shema (tlocrt)* sadrži definirane sljedeće elemente:

a) *Konačne širine i spajanje prometnih traka*

❖ *Ulazna širina.*

Definirana je širinom ulaza gdje započinje upisana kružnica. Mjeri se okomito od desnog ruba ulaza do presječne točke lijeve rubne linije i upisane kružnice.

- najviše određuje propusnu moć kružnih tokova. Cesta za cirkulaciju mora biti široka bar onoliko koliko je i najširi ulaz, te mora ostati konstantna duž cijelog puta. Ulazne širine trebale bi biti minimalne da bi se povećala sigurnost pri postizanju propusne moći i izvršenja cilja. Uobičajene ulazne širine za jednotračne ulaze kreću se između 4,3 - 4,9 m.



Slika 5. Proširenje pristupa privozu

*Duljine proširenja* trebale bi iznositi najmanje 25 m u gradskim predjelima, te 40 m u vangradskim predjelima. Dizajniranje u dvije faze dopušta da se prvobitno male ulazne širine mogu lako proširiti u budućnosti kada se potrebno prilagoditi većoj količini prometa.

- ❖ *Cirkulacijska širina ceste* bi u pravilu trebala biti široka barem onoliko koliko i najveća ulazna širina (do 120% najveće ulazne širine), te bi trebala ostati konstantna kroz kružni tok.

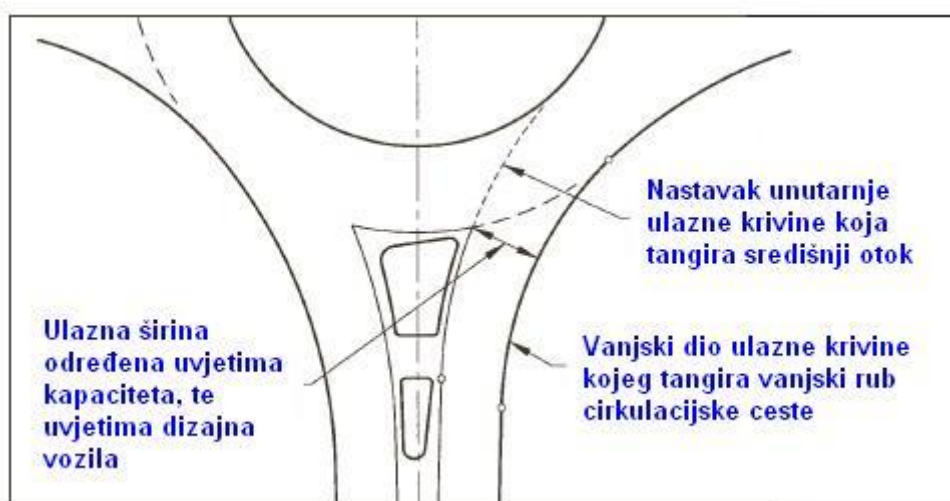
Promjer upisane kružnice	Min širina cirkulacijske putanje	Promjer središnjeg otoka
45 m	9.8 m	25.4 m
50 m	9.3 m	31.4 m
55 m	9.1 m	36.8 m
60 m	9.1 m	41.8 m
65 m	8.7 m	47.6 m
70 m	8.7 m	52.6 m

Tablica 2. Minimalne širine cirkulacijske putanje za dvotračne kružne tokove

- ❖ *Ulazni polumjer*, zajedno s ulaznom širinom, širinom cirkulacijske ceste, te geometrijom središnjeg otoka, određuje vrijednost otklona nametnutog na ulaznoj putanji vozila. Veći ulazni polumjeri uzrokuju brže brzine ulaska, te uglavnom uzrokuju teže nesreće ulaznih i cirkulirajućih vozila.

Prema Britanskim istraživanjima, otkrilo se da se kapacitet vozila koji ulaze povećava kako se povećava i ulazni polumjer (do 20 m), nakon čega ulazni polumjer ima mali utjecaj na propusnu moć.

Ulazna krivina je projektirana tako da je krivuljno-tangencijalna na vanjski rub cirkulacijske ceste. Isto tako, projekcija unutarnjeg ruba ulazne putanje bi trebala biti krivuljno-tangencijalna na središnji otok. Na slici 15 je prikazana uobičajena geometrija ulaza na kružni tok:



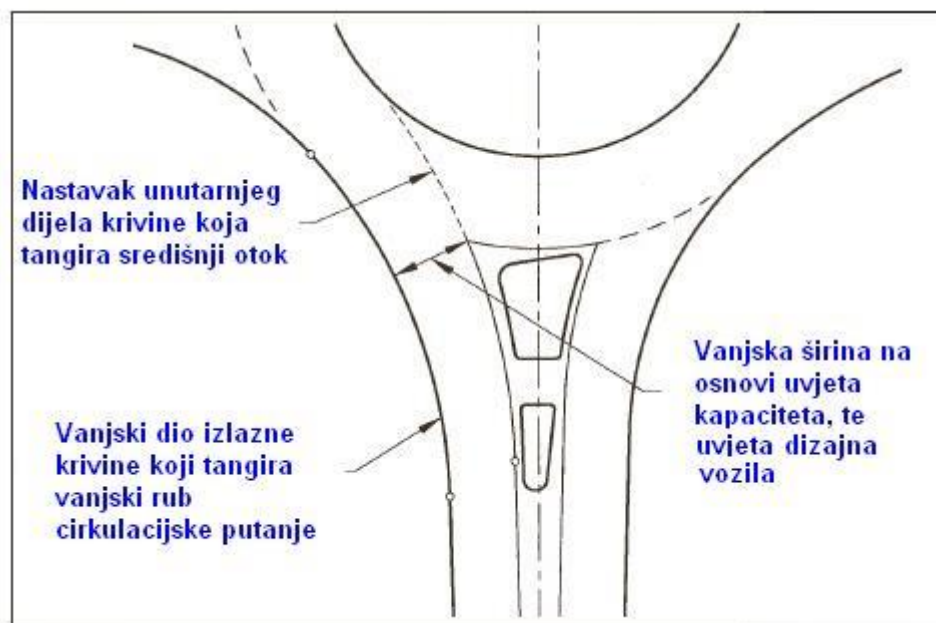
Slika Dizajn ulaska u jednotračni kružni tok

Ulazni polumjer u gradski jednotračni kružni tok obično se kreće između 10 do 30 m, dok je kod dvotračnih dizajn ulazne zakrivljenosti kompliciraniji. Premali ulazni polumjeri mogu uzrokovati konflikte između suprotnih prometnih tokova, koji uzrokuju malu iskorištenost jedne ili više traka, te značajno reducira propusnu moć na ulasku. Također mogu smanjiti razinu sigurnosti, te povećati bočne sudare.

- ❖ *Izlazne krivine* obično imaju veće polumjere nego ulazne, ne bi li se minimizirale moguće gužve na izlasku. Međutim, potrebno je zadržati niske brzine na pješačkim prijelazima pri izlasku.

Izlazna krivina trebala bi imati polumjer izlaznog toka ne manji nego polumjer cirkulirajućeg toka ( $R_2$ ). Da je manji, vozila bi se morala prebrzo kretati da bi savladala izlaznu geometriju, te bi se vozilo moglo zabiti u razdjelni otok ili u nadolazeća vozila iz suprotne trake. Isto tako, polumjer izlaznog toka ne bi smio biti značajno veći od polumjera cirkulirajućeg toka, da bi se osigurale niže brzine u blizini pješačkog prijelaza.

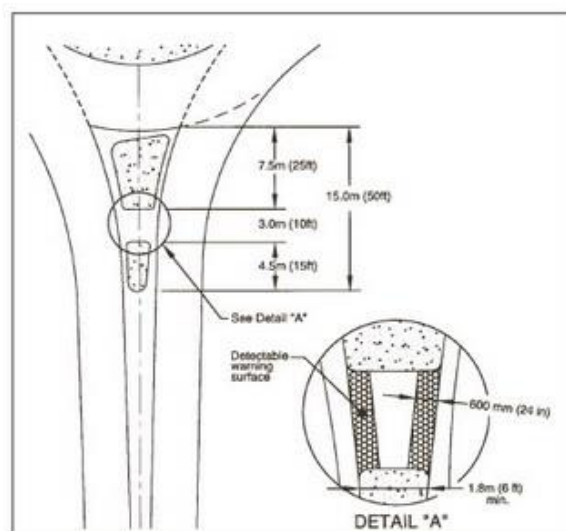
Općenito, izlazni polumjeri ne bi trebali biti manji od 15 m.



Slika Dizajn izlaska s jednostranog kružnog toka

- ❖ *Razdjelni otoci*- Ukupna duljina otoka trebala bi uglavnom biti najmanje 15 m. Također, razdjelni otok bi trebao biti produžen i s druge strane kraja izlazne krivine da bi se spriječilo slučajno ulaženje izlaznog prometa u putanju ulaznog prometa.





Slika Minimalne dimenzije razdjelnog otoka

#### ❖ Polumjer upisane kružnice

Kod jednotračnih kružnih tokova, ovisi o zahtjevima vozila pri okretanju (dovoljno velik kako bi se prilagodio većem vozilu, a da osigurava sigurne brzine vožnje kod manjih vozila). – minimalno 30 m.

Kod dvotračnih kružnih tokova, prilagođavanje većim vozilima najčešće nije problem. Veličina kružnog toka određena je postizanjem otklona ili korištenjem razumnih ulaznih i izlaznih polumjera, da bi se postigao prikladan ulaz na ili izlaz s kružnog toka. - minimalno 45 m.

Vrsta kružnog toka	Uobičajeni dizajn vozila	Granice polumjera upisane kružnice
Mini-Roundabout	Single-Unit Truck	13–25m
Urban Compact	Single-Unit Truck/Bus	25–30m
Urban Single Lane	WB-15 (WB-50)	30–40m
Urban Double Lane	WB-15 (WB-50)	45–55m
Rural Single Lane	WB-20 (WB-67)	35–40m
Rural Double Lane	WB-20 (WB-67)	55–60m

Preporučene granice polumjera upisane kružnice

- ❖ *Središnji otok* bi uvijek trebao biti podignut, a ne spušten, jer ga tako vozači koji prilaze ne raspoznaju. U pravilu bi trebao biti okruglog oblika, jer tako omogućuje konstantnu brzinu vozilima oko središnjeg otoka. Promjenjiva brzina može uzrokovati poteškoće prosudbe brzine za vozače, te prihvatljive razmake u cirkulirajućoj struji prometa.

Njegov promjer potpuno ovisi o promjeru upisane kružnice i potrebne cirkulacijske širine ceste. Ako je na najbržem putu prekoračena projektna brzina, veličina središnjeg otoka trebala bi biti povećana, čime i cijeli promjer upisane kružnice. Postoje i druge metode za povećanje otklona bez povećanja upisanog promjera, kao što je pomak položaja prilaza ulijevo, reducirajući ulaznu širinu ili ulazni radijus. Ti postupci, međutim, mogu onemogućiti mogućnost prilagodbe dizajnu vozila.

Ako postoji povozni dio središnjeg otoka, on bi trebao biti projektiran tako da po njemu mogu voziti teretnjaci, ali ostala vozila ne. U pravilu bi trebali biti široki 1 do 4 m, te imati poprečni nagib od 3 do 4% od središnjeg otoka. Da ga ne bi koristila ostala vozila, vanjski rub povoznog dijela bi trebao biti podignut najmanje 30 mm iznad površine cirkulacijske ceste.



Leeds, MD

Primjer središnjeg otoka s povoznim dijelom koji se koristi i za vožnju

b) *prostor za pješake i bicikliste*

- **Položaj i uvjeti pješačkih prijelaza**



Slika 6.

Moraju biti osigurani pristupačni pješački prijelazi kod svih kružnih tokova. Položaj prijelaza nalazi se iza granične linije, na udaljenosti duljine jednog vozila, a razdjelni otok na tom mjestu ima ulegnuće kako bi pješaci, invalidska i dječja kolica, te bicikli tuda mogli prolaziti.

- *Udobnost pješaka:* Pješacima odgovara položaj prijelaza što bliže raskrižju da bi minimalizirali hodanje van planiranog toka.
- *Sigurnost pješaka:* Za to su bitni i položaj i razdaljina. Razdaljina treba biti minimalizirana da bi se reducirali konflikti između pješaka i vozila. Sigurnost pješaka može također biti u pitanju na graničnoj liniji, gdje su vozači usmjereni na pogledavanje ulijevo na razmake struje cirkulacijskog prometa. Tu se mora paziti na udaljenost od granične linije, da ne bi bilo čekanja vozila na pješačkim prijelazima. Prijelazi bi trebali biti što bliži graničnoj liniji, te razdjelnim otocima, da se ne bi morali raditi predugi razdjelni otoci.
- *Aktivnosti na kružnom toku:* Problemi nastaju uglavnom na izlasku, ako je prijelaz duži od duljine jednog vozila, postoji opasnost od čekanja u redu za ulazak u cirkulacijski tok. Dokazano je da bi pješaci mogli razlikovati ulazeće od cirkulirajućih vozila (vizualno i auditorno) i na prijelazima koji su udaljeniji od kružnih tokova.

S navedenim na umu, pješački prijelazi bi trebali biti projektirani prema slijedećem:

- Zaklon za pješake bi trebao biti širok najmanje 1.8 m da bi bio adekvatan za osobe s dječjim kolicima, ili na bicikli
- Kod jednotračnih kružnih tokova, pješački prijelazi bi trebali biti udaljeni za duljinu vozila (7.5 m) od granične linije, dok kod dvotračnih ta udaljenost iznosi jednu, dvije ili tri duljine vozila (7.5m, 15 m ili 22.5 m)
- Zaklon za pješake trebao bi biti na nivou ceste, a ne razdjelnog otoka, da ne bi bile potrebne rampe, što zna biti naročito teško za ljude u invalidskim kolicima

### Dimenzije elemenata za nemotorizirane korisnike

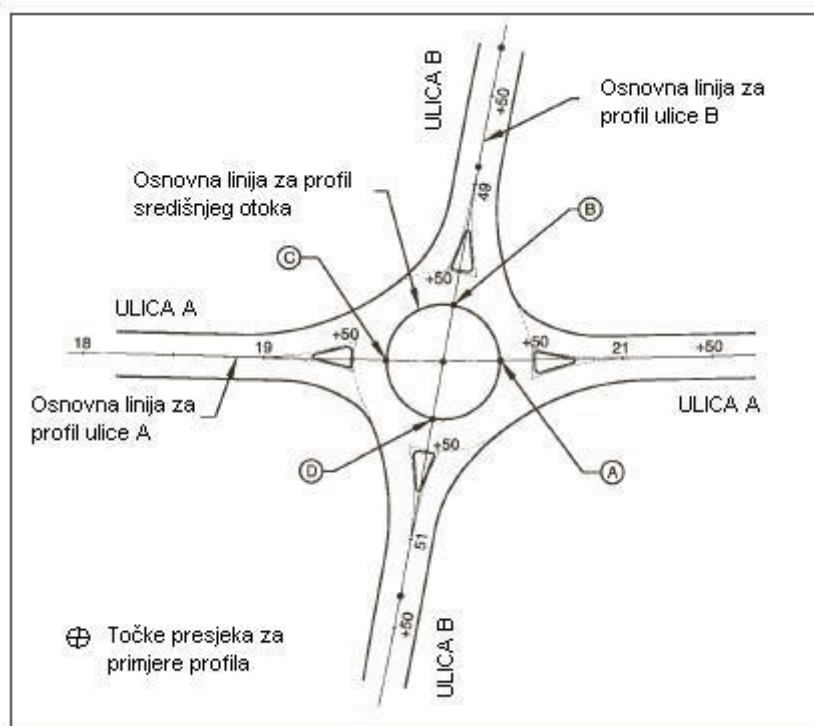
Osnovne projektne dimenzije za određenog korisnika dane su u slijedećoj tablici:

KORISNIK	DIMENZIJA	ZNAČAJKE NA KOJE UTJEČE
<b>BICIKLI</b>		
Duljina	1.8 m	Širina razdjelnog otoka na pjašačkom prijelazu
Min radna širina	1.5 m	Širina biciklističke staze
Bočna čistina sa svake strane	0.6 m	Širina biciklističko-pješačke staze
	1.0 m do prepreka	
<b>PJEŠACI (hodajući)</b>		
Širina	0.5 m	Širina pločnika, širina pješačkog prijelaza
<b>INVALIDSKA KOLICA</b>		
Min širina	0.75 m	Širina pločnika, širina pješačkog prijelaza
Radna širina	0.90 m	
<b>OSOBE S DJEČJIM KOLICIMA</b>		
Duljina	1.70 m	Širina razdjelnog otoka na pjašačkom prijelazu
<b>SKATE-RI</b>		
Uobičajena radna širina	1.8 m	Širina pločnika

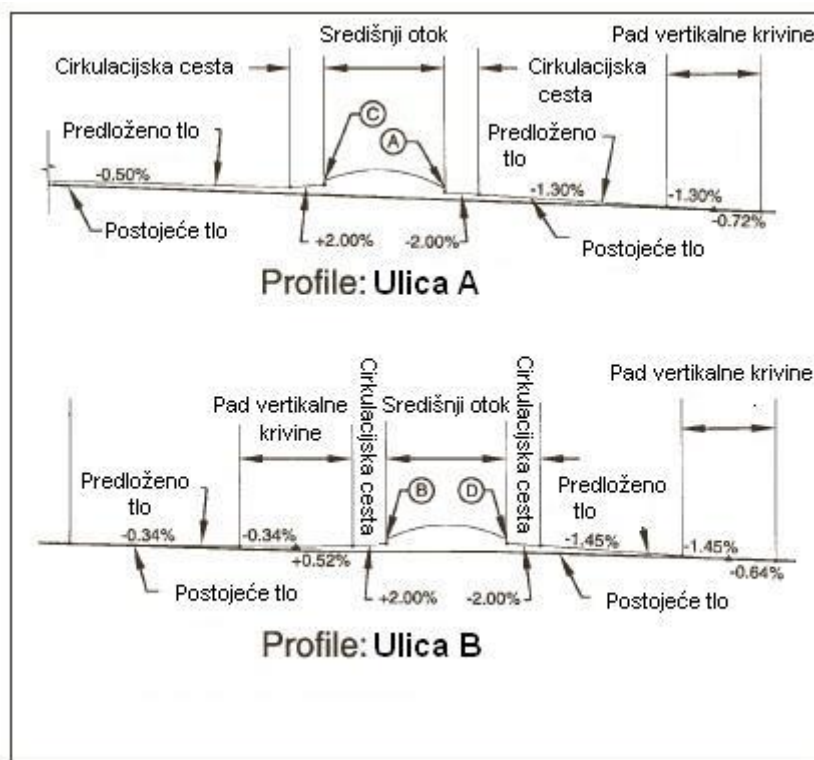
Tablica 3. Ključne projektne dimenzije za nemotorizirane korisnike

#### c) Profili

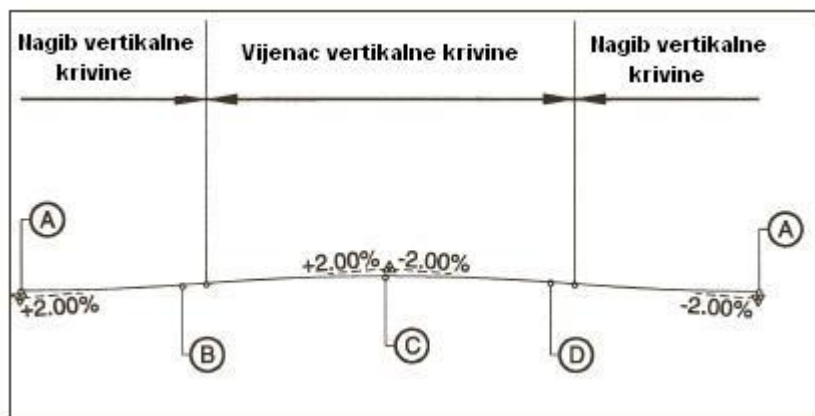
Općenito, svaki profil pristupa bi trebao biti projektiran prema točki gdje se sijeku pristupne linije sa središnjim otokom. Po tome se oblikuje profil središnjeg otoka tako da prolazi kroz sve četiri točke (ako se radi o četverodijelnom kružnom toku). Profili pristupa se onda po potrebi prilagođavaju profilu središnjeg otoka. Profil središnjeg otoka je obično oblika sinusoide. Na slijedećim slikama prikazan je primjer razvoja profila, koji se sastoji od: osnovnog plana, profila svakog pristupa, te profila središnjeg otoka.



Slika 7 Primjer osnovnog plana



Slika 8 Primjer profila pristupa



Slika 9 Primjer profila središnjeg otoka

*d) Nadvišenje*

Kao glavna stvar, na cirkulacijskoj putanji treba biti ostvaren poprečni nagib od 2% od središnjeg otoka. Ovakav nagib preporučuje se zbog četiri bitna razloga:

- Unaprjeđuje sigurnost podizanjem visine središnjeg otoka, te poboljšanjem vidljivosti
- Unaprjeđuje manje cirkulacijske brzine
- Smanjuje kočenje na poprečnim nagibima ulaznih i izlaznih traka
- Pomaže pri drenaži površinske vode van kružnog toka



Slika 10. Uobičajeni presjek cirkulacijske ceste bez povoznog dijela



Slika 11. Uobičajeni presjek s povoznim dijelom za kamione

- Ako postoji povozni dio, njegov nagib bi trebao biti od 3-4%, veći od toga bi mogli uzrokovati incidente poput izvrtnja tereta.



#### e) uzdužni nagib

Izbjegava se smještanje kružnih tokova na raskrižjima gdje je uzdužni nagib veći od 4%. Kod kružnih tokova na vijencima vertikalnih krivina sa strmim prilazima, ugrožena je vozačeva vidljivost, te se mogu susresti s neočekivanim. Međutim, pod istim uvjetima, drugi tipovi razina raskrižja često neće donijeti bolja rješenja. Zbog toga ne treba potpuno isključiti mogućnost upotrebe kružnih tokova na takvim raskrižjima. Bolje rješenje bi bilo premjestiti raskrižje na drugo mjesto ili izmjeniti vertikalni profil.

- g) *Poprečni nagib* kružnog kolnika izvodi se u iznosu  $q_{\min} = 2,5\%$  prema vanjskoj strani iz više razloga:

- učinkovitije i tehnički prihvatljivije odvodnje
- pogodnijeg prelaska iz privoza u kružni tok
- prisiljavanja na smanjenje brzine u kružnom toku.

#### h) Drenaža

Poprečni (q) i uzdužni (s) nagibi te svi detalji prijelomnih ploha u području raskrižja trebaju biti tako oblikovani kako bi se omogućila učinkovita i brza odvodnja te blaga promjena nagiba na prijelazima između priključnog traka i kružnog kolnika. Pri oblikovanju svih površina raskrižja potrebno je osigurati kvalitetnu odvodnju izvođeci poprečne nagibe  $\geq 2,5\%$ .

#### i) rasvjeta za pješake i vozila,



Rasvjeta služi kako bi se zadovoljili uvjeti prometne sigurnosti noću, a razdjelni otoci su dobro mjesto za smještanje stupova javne rasvjete samo ako su dovoljno veliki i ako time ne smanjuju preglednost. Osnovna zadaća rasvjete je dostatno osvijetljenje prometne površine noću i u posebnim vremenskim prilikama. Svaki priključak treba biti osvijetljen barem 60 m ispred raskrižja, boja svjetlosti i visina svjetiljki mora biti ista na cijelom području raskrižja, a osvijetljenost raskrižja treba biti najmanje jednaka osvijetljenosti priključaka



Slika 12.

j) *prometni znakovi*- Na svim ulazima koristi se kontrola prometa koji voze sporednim tokom. Cirkulacijski tok ne treba kontrolu.

k) *oznake na samom traku*

- ❖ *Granična linija* je oznaka na pločniku za područje u kojem se prilazni vozni trak ulijeva u kružni kolnički trak, te je najčešće označena duž upisane kružnice. Vozila koja ulaze moraju pripaziti na vozila koja dolaze iz lijevog smjera prije nego pristupe u kružni kolnički trak.
- ❖ *Proširenje na ulazu* je potrebno kako bi se osigurala dodatna propusna moć na graničnoj liniji.



Slika 13. Prometni znakovi na ulazu, granična linija, proširenje na ulazu

#### **2.1.5. Četvrta faza**

- a) Pravna dokumentacija
- b) Estetika
- Kod izgradnje središnjeg otoka treba voditi računa i o njegovu uređenju te uklapanju u okoliš. Tako se uređenje središnjeg otoka u ruralnim krajevima svodi na sadnju



autohtone vegetacije i na uređenje zemljišta, dok je u urbanim sredinama poželjno postavljanje sadržaja za podizanje ambijentalne vrijednosti (fontana, ukrasnih stupova, skulptura), pod uvjetom da ne narušavaju prometnu signalizaciju i ukupnu preglednost.

- Na području gdje se zahtijeva preglednost (na vanjskom rubu središnjeg otoka) treba se naći nisko raslinje, a prema središtu otoka mogu se saditi više vrste raslinja i drveća.

c) *Procjena vidljivosti*

❖ *Zaustavni put vozila* se sastoji od:

- puta koji vozilo prijeđe od trenutka kada je vozač uočio uzrok zbog kojeg treba kočiti do početka djelovanja mehanizma kočenja vozila (vrijeme reakcije)
- puta na kojem djeluje sila kočenja do zaustavljanja vozila

*Zaustavni put* bi trebao biti osiguran u svim dijelovima kružnog toka, te na svim ulaznim i izlaznim pristupima. Prema američkim propisima zaustavni put vozila se računa po slijedećoj formuli:

$$d = (0.278)(t)(V) + 0.039 \frac{V^2}{a}$$

- d - zaustavni put vozila, m  
t - vrijeme reakcije, pretpostavka 2.5 s  
V - početna brzina, km/h  
a - usporavanje vozača, pretpostavka 3.4 m/s<sup>2</sup>

U slijedećoj tablici prikazane su preporučene vrijednosti zaustavnog puta vozila, koje se izračunata putem gornje jednadžbe.

Brzina (km/h)	Izračunata udaljenost (m)
10	8.1
20	18.5
30	31.2
40	46.2
50	63.4
60	83.0
70	104.9
80	129.0
90	155.5
100	184.2

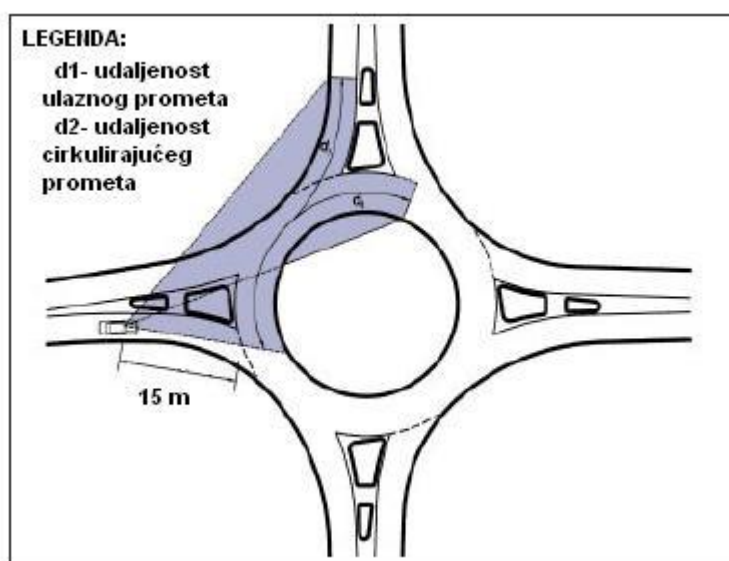
Tablica 4. Projektne vrijednosti zaustavnog puta vozila

Zaustavni put vozila trebao bi biti mjeran pretpostavljajući visinu vozačevog oka od 1.080 mm i pretpostavljajući visinu objekta od 600 mm.

❖ *Duljina preglednosti na raskrižju*

Ulazi na kružne tokove zahtijavaju adekvatnu duljinu preglednosti na raskrižju. Ona se obično mjeri trokutom preglednosti. Taj trokut je ograničen dužinom ceste definirajući granicu od raskrižja na svakom od dva konfliktna pristupa, te linijom koja povezuje te dvije granice.

Na slijedećoj slici prikazana je metoda određivanja duljine preglednosti na raskrižju. Kao što je vidljivo na slici, "trokut" duljine preglednosti ima dva konfliktna pristupa koji se moraju provjeravati neovisno jedan o drugome. U slijedeća dva podnaslova obrađuje se proračun duljine oba dijela trokuta preglednosti:



Slika 14. Duljina preglednosti na raskrižju

- ❖ *Duljina pristupnog dijela trokuta preglednosti* trebala bi biti ograničena na 15 m. Britanska istraživanja duljine preglednosti utvrdila su da predimenzionirane duljine preglednosti na raskrižju uzrokuju veću učestalost sudara. Namjera te vrijednosti,

prema iskustvima Britanaca i Francuza, je da natjeraju vozače da uspore pri ulazu u kružni tok, što im omogućuje da usmjere pažnju na prednost pješaka da prijeđu preko pješačkog prijelaza. Ako je pristupni dio trokuta preglednosti veći od 15 m, preporučuje se dodati zelenilo da se minimalizira duljina preglednosti.

❖ *Duljina konfliktnog dijela trokuta preglednosti*

Vozila koja pristupaju ulazu u kružni tok, ulaze u konflikt s vozilima unutar cirkulirajućeg toka. Duljina konfliktnog dijela računa se prema slijedećoj jednadžbi:

$$b = 0.278(V_{mjr})(t_c)$$

$b$	-	duljina konfliktnog dijela trokuta preglednosti, m
$V_{mjr}$	-	projektna brzina konfliktnog kretanja, km/h
$t_c$	-	kritični razmak pri ulasku na glavnu cestu, s

Na svakom ulazu treba pripaziti na dva konfliktna toka:

- *ULAZNI TOK*, koji obuhvaća vozila u izravnom ulaznom toku. Brzina kretanja se aproksimira prosjekom brzine ulaznog toka (tok s polumjerom R1) te brzine cirkulirajućeg toka (tok s polumjerom R2)
- *CIRKULIRAJUĆI TOK*, koji obuhvaća vozila koja su ušla u kružni tok prije izravnog ulaznog toka. Brzina kretanja se može aproksimirati brzinom skretanja ulijevo (tok s polumjerom R4)

Kritični razmak za ulazak na glavnu cestu temelji se na vremenu potrebnom da bi vozilo skrenulo udesno, a da konfliktni tok vozila ne uspori na manje od 70% početne brzine. U slijedećoj tablici prikazane su preporučene vrijednosti duljine konfliktnog dijela trokuta preglednosti, koje se izračunata putem gornje jednadžbe:

Konfliktna brzina prilaženja (km/h)	Izračunata udaljenost (m)
20	36.1
25	45.2
30	54.2
35	63.2
40	72.3

Tablica 5. Izračunata duljina konfliktnog dijela trokuta preglednosti na raskrižju

Preporučuje se duljina preglednosti na raskrižju koja ne prelazi minimum, jer ako je veća od minimuma, javit će se veće brzine, što smanjuje sigurnost na raskrižjima.

Projektirani element	Mini kružni tokovi	Gradski kompaktni	Gradski jednotračni	Gradski dvotračni
preporučena max projektna ulazna brzina	25 km/h	25 km/h	35 km/h	40 km/h
max broj ulaznih pristupnih trakova	1	1	1	2
Uobičajeni promjer upisane kružnice	13 m to 25 m	25 to 30 m	30 to 40 m	45 to 55 m
Obrada prijelaznog toka	mogućnost podizanja, ako je podignut prijelaz ima ulegnuće		podignut, s ulegnućem na prijelazu	

Tablica 6. Osnovne značajke projektiranja kružnih tokova

### 3. KRITERIJI ZA PROJEKTIRANJE KRUŽNOG TOKA

#### 3.1. RAZUMIJEVANJE I ANALIZA GLAVNIH KRITERIJA

**3.1.1. Hrvatske smjernice za projektiranje i opremanje kružnih tokova** – rotora navode četiri osnovne skupine općih kriterija koji moraju biti zadovoljeni prilikom razmatranja primjerenosti izvođenja kružnih raskrižja:

*1. prostorni,*

2. *prometni,*
3. *prometno-sigurnosni,*
4. *kriteriji propusne sposobnosti.*

### **3.1.2. Prijedlog novih hrvatskih kriterija**

U ovom radu broj općih kriterija za provjeru opravdanosti primjene kružnog raskrižja je proširen uvođenjem novih.

1. *funkcionalni kriterij,*
2. *prostorno - urbanistički kriterij,*
3. *prometni kriterij (kriterij prometnog toka)*
4. *projektno – tehnički kriterij,*
5. *kriterij prometne sigurnosti,*
6. *kriterij propusnosti,*
7. *kriterij okoline,*
8. *ekonomski kriterij*

#### **3.1.2.1. Funkcionalni kriterij**

Za analiziranje predviđenog raskrižja u cjelokupnoj cestovnoj mreži nekog naselja ili šireg područja, te za provjeru da li je kružno raskrižje odgovarajuće rješenje za očekivanu funkciju, potrebno je provjeriti:

- a) funkciju kružnog toka( unutrašnji promet ili tranzitni)
- b) ulogu (smanjenje brzine ili povećanje protočnosti)
- c) položaj (u urbanoj sredini ili izvan nje)

Kružni tok je dobro rješenje za

- prvo raskrižje na ulazu u naselje, na završetku brzih dionica i kod silaska sa autoceste, gdje se mijenjaju uvjeti vožnje, a postiže se funkcija smirivanja prometa, odnosno funkcija upozorenja vozačima da ulaze u zonu smanjene brzine vožnje.
- kod raskrižja kod kojih se križa više prometnih pravaca- doprinosi povećanju jasnoće vođenja prometa kroz raskrižje, posebice

U slučaju primjene većeg broja kružnih raskrižja u nizu (npr. na zaobilaznici) i na kratkim međusobnim udaljenostima potrebno je izvršiti provjeru međusobnog djelovanja jednog kružnog raskrižja na druga. Tada dolazi do međusobnog negativnog djelovanja kružnih raskrižja (glavni prometni tok svaki put ustupa prednost sporednom). Dijagram brzine je "valovit", a to uzrokuje slabiju protočnost cjelokupne zaobilaznice.

#### **3.1.2.2. Prostorni i urbanistički kriterij**

Ovi kriteriji odnose se na prostorne potencijale, ali i na osjetljivost promjene urbanističkih uvjeta, odnosno urbane matrice, slike grada, kao i dosadašnjih uobičajenih prometnih tokova.

Provjeravamo raspoloživost prostora za izgradnju kružnog raskrižja, uglavnom za izvedbu središnjeg otoka odnosno vanjskog promjera kružnog raskrižja.

Raspoloživost prostora u urbanoj sredini (okolna izgradnja, otkup dodatnog zemljišta i sl.) često je upitna. Iako su zadovoljeni sigurnosni, protočnosti i sl. kriteriji, ukoliko nema dovoljno prostora ne može se pristupiti izvedbi kružnog raskrižja.

- *Dali raspoložemo s dovoljno prostora za izvedbu kružnog raskrižja odgovarajućih dimenzija?*

Okolna izgradnja i urbani gabariti moraju se uzeti u obzir pri analizi promjena koje bi kružna raskrižja mogla donijeti promjeni odnosa prema povijesnim tokovima, dosadašnjem korištenju vanjskog prostora i ulazima u okolne građevine. Posebno su osjetljivi prostori povijesnih urbanih jezgri kao i prostori kompaktnih urbanih struktura.

- *Da li će se bitno promijeniti odnos korištenja gradskih struktura i pripadajućeg vanjskog prostora?*

Ako je odgovor pozitivan, često će se isključiti primjena kružna raskrižja. U gradske strukture se nekad jednostavno ne smiju ugrađivati takva rješenja zbog urbanih razloga bez obzira na druge procjene koje mogu biti pozitivne.

### **3.1.2.3.Prometni kriterij (kriterij prometnog toka)**

Kriterij je zadovoljen za sljedeće slučajeve:

- na raskrižjima čiji su prilazi približno jednakog prometnog opterećenja, odnosno gdje nije izražena velika razlika između glavnog prometnog smjera i sporednih prometnih smjerova
- ukoliko je ukupna razina prometa na glavnom smjeru veća od 75% ukupnog prometa na raskrižju ne preporučuje se izgradnja kružnog raskrižja
- na mjestima gdje nisu intenzivni lijevi skretači na suprotnim privozima raskrižja (budući da se ti smjerovi kod kružnog raskrižja prepliću, za razliku od klasičnog kanaliziranog raskrižja sa trakovima za lijeve skretače gdje ne dolaze u konflikt)
- na mjestima gdje se pojavljuje velik broj desnih skretača (mogućnost izgradnje direktnih trakova mimo kružnog toka (“baypass”))
- na mjestima gdje se očekuje velik budući promet ili je on neodređen i sklon promjenama
- gdje semaforizacija nije opravdana, a prekoračena je propusna moć nesemaforiziranog raskrižja
- na “T” križanjima gdje glavni tok skreće pod pravim kutom
- na križanjima tipa “T” gdje se prilazni promet manjeg obujma nedopustivo dugo ne može uključiti u glavni prometni tok.

Kružni će tok uspostaviti ravnotežu u čekanju na prilazu s manjim prometnim tokom ali istodobno će povećati čekanje na prometno opterećenijim prilazima s većim brojem krakova (pet ili više).

- *Kakve su okolnosti na analiziranom mjestu postojećeg odnosno predviđenog raskrižja obzirom na prometne tokove koji prolaze kroz raskrižje?*

### **3.1.2.4. Projektno – tehnički kriterij**

Pod analizom ovog kriterija podrazumijevamo analizu okolnosti na predmetnom raskrižju, koja je vezana uz geometriju raskrižja, položaj prilaza na raskrižje, broj krakova i kut spajanja prilaznih krakova raskrižju.

Kriterij je zadovoljen za sljedeće slučajeve:

- na mjestima (raskrižjima) s većim brojem prilaza (pet i više)
- na raskrižjima gdje se prilazi sijeku pod ostrim kutovima (raskrižja u obliku slova X, Y, A i K)
- na raskrižjima gdje su dva trokraka “T” raskrižja na kratkoj međusobnoj udaljenosti (prilazi u obliku slova F i H)
  - *Kakve su okolnosti na analiziranom mjestu postojećeg odnosno predviđenog raskrižja obzirom na geometriju raskrižja?*

### **3.1.2.5. Kriterij prometne sigurnosti**

Kriterij je zadovoljen za sljedeće slučajeve:

- na raskrižjima na kojima se često događaju nezgode s teškim posljedicama
- na raskrižjima gdje su prisutne prevelike brzine kretanja vozila na glavnom prometnom smjeru i nije sigurno uključivanje vozila sa sporednog prometnog smjera, odnosno kada su brzine na ulazima u raskrižje prevelike
- tamo gdje se uvjeti vožnje znatno mijenjaju (npr. na završecima brzih cestovnih dionica, na ulazima u urbane sredine, na izlazima s autoceste i sl.).
- na raskrižjima koja su regulirana svjetlosnom prometnom signalizacijom, ali je prometni tok takav da bi se situacija poboljšala izgradnjom kružnog križanja. Potrebno je znati da u mnogim situacijama kružni tok ima istu propusnu moć kao raskrižje regulirano svjetlosnim signalima, ali su manja zagušenja i povećana sigurnost prometa u izvanvršnim periodima. Kada je mala gustoća prometa na semaforiziranom raskrižju (posebno noću) postoji mogućnost da vozači unatoč crvenom svjetlu na semaforu prolaze kroz raskrižje, čime je znatno ugrožena sigurnost prometa. Kod kružnih raskrižja nema takvih slučajeva, jer na prilazu kružnom raskrižju svi moraju smanjiti brzinu, a što je velika prednost za sigurnost.
- na raskrižjima lokalnih cesta (stambene, sabirne ceste) gdje se događa neočekivano velik broj prometnih nezgoda, a uvođenje semafora bi bio prevelik trošak s obzirom na mali promet. U tom slučaju kružno raskrižje može povećati sigurnost prometa.

- a) ako je najučestaliji tip prometne nezgode u postojećem klasičnom četverokrakom raskrižju čelni sudar (između vozila koje u raskrižju skreće u lijevo i vozila iz suprotnog smjera koje nastavlja s vožnjom ravno kroz raskrižje), primjena kružnog raskrižja je *opravdana i poželjna*,
- b) ako je najučestaliji tip prometne nezgode u postojećem klasičnom četverokrakom raskrižju nalet jednog vozila na drugo vozilo, koje u raskrižju skreće u desno, primjena kružnog raskrižja je *nepotrebna*, jer se problemi rješavaju već s uvođenjem posebnog traka za desne skretače, ukoliko to prostorne mogućnosti dozvoljavaju.

*Da li je kružno raskrižje u postojećim i očekivanim okolnostima prometno sigurno rješenje?*

- veliki, odnosno višetračni kružni tok nije najprikladnije rješenje pred institucijama za slijepe i slabovidne osobe, pred domovima za starije osobe, bolnicama i zdravstvenim domovima i na svim onim mjestima gdje nemotorizirani sudionici u prometu zbog svojih privremenih ili trajnih fizičkih oštećenja ne mogu sigurno prelaziti raskrižja bez svjetlosnih signalizacijskih uređaja
- veliki kružni tokovi nisu najprikladnije rješenje pred dječjim vrtićima i školama i na drugim mjestima na kojima se kreće velik broj djece (koja obično idu u većim skupinama ili u koloni)

Na slici predložena je situacija u kružnom raskrižju s 8 konfliktnih točaka (nasuprot 32 konfliktnih točke u klasičnom raskrižju). Ono daje više nego 4 puta sigurnije prometno rješenje, budući da je izbjegnuto čak 16 najopasnijih točaka križanja prometnih tokova. Uz ovo su prikazani najčešći tipovi prometnih nezgoda kod kojih su posljedice manje nego kod nezgoda na klasičnim raskrižjima.



Slika – a) konfliktnih točaka, b) najčešći tipovi prometnih nesreća

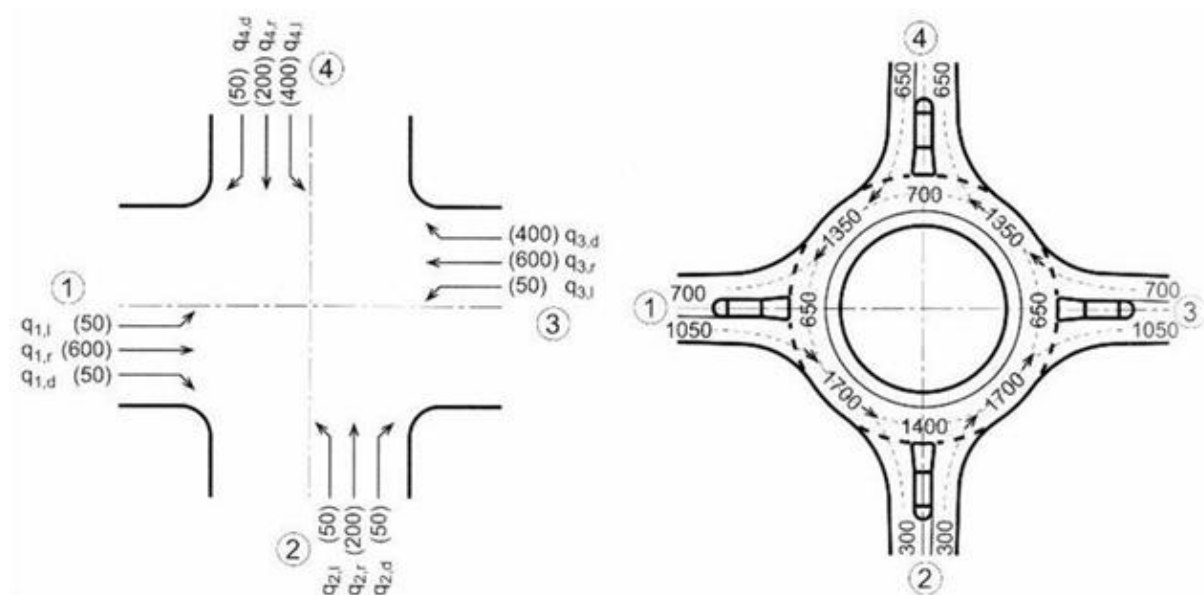
### 3.1.2.6. Kriterij propusnosti

- ❖ *Da li će rješenje s kružnim raskrižjem odgovarajuće provoditi očekivana prometna opterećenja na kraju planskog razdoblja?*

Proračune je potrebno izraditi za vršna opterećenja, izraženo postotkom prosječnoga dnevnog prometa.



Postotak je određen na osnovi poznatih podataka o mijenjanju prometnih opterećenja na tom području. U slučaju *rekonstrukcije* postojećeg raskrižja u kružno raskrižje potrebno je proračun propusne moći obaviti za dva ili više vršnih prometnih opterećenja (najmanje za *jutarnje i popodnevno vršno opterećenje*).

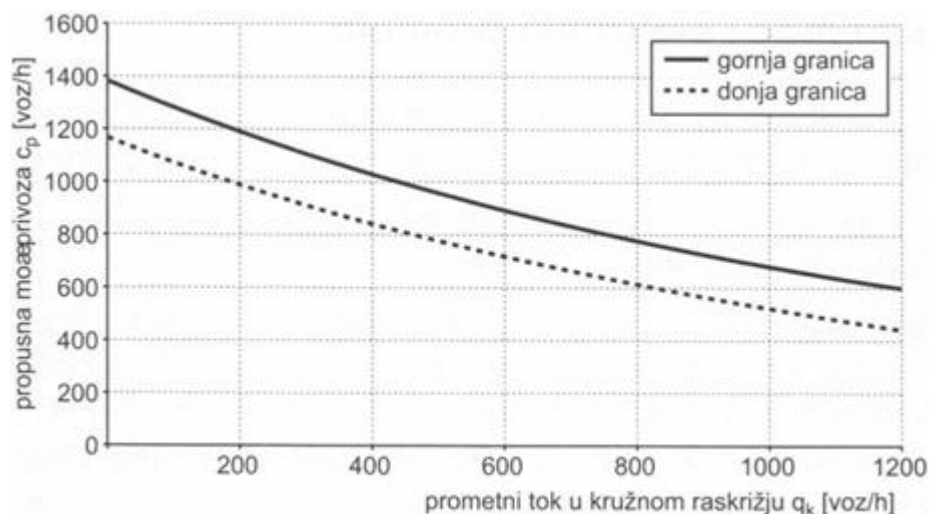


Slika – Konverzija brojenog prometa na klasičnom raskrižju u kružno

Proračuni kapaciteta kružnih raskrižja u principu se razlikuju od države do države. Kako Republika Hrvatska još uvijek nema definirane tehničke propise o kružnim raskrižjima i njihovim svojstvima, pa nije moguća jednoznačna prosudba o njihovoj propusnoj moći i stupnju sigurnosti prometa. Stoga se pri projektiranju i građenju kružnih raskrižja najčešće koriste australske i austrijske (švicarske) metode proračuna propusne moći.

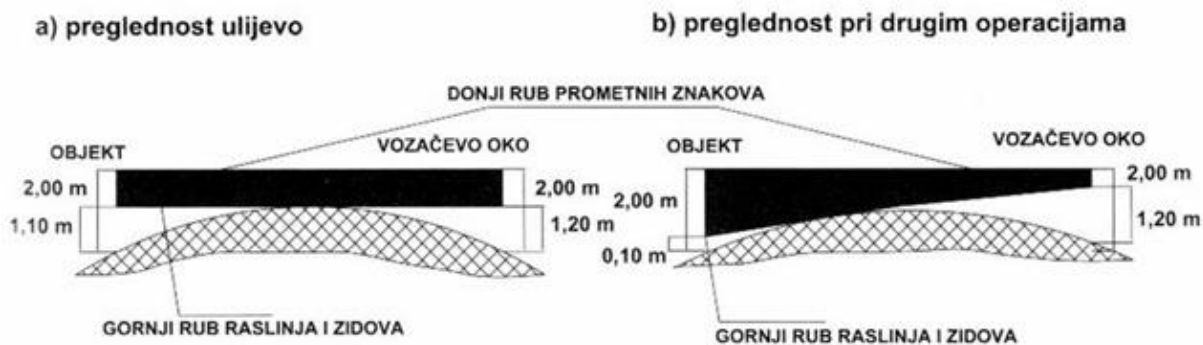
- ❖ *Promet vršnog sata* je najveći broj vozila za koji se ustanovi da prolazi prosjekom prometnog traka ili cesta u 60 uzastopnih minuta. Tim ispitivanjem dobiveni su slijedeći rezultati:
- ❖ *Propusna moć ili kapacitet ( $c_k$ )* izražava broj vozila koji prođe kroz RKT u jedinici vremena, a dobije se zbrajanjem propusnosti  $q_{p,n}$  svih privoznih ulaza ( $n$ ) [3].
- ❖ *Propusnost privoznog ulaza ( $q_u$ )* određuje broj vozila koji preko njega ulaze u kružno raskrižje u jedinici vremena, dok propusnost jednog ulaznog mjesta izravno ovisi o veličini i svojstvima kružnog toka te o geometrijsko-oblikovnim svojstvima cijelog raskrižja. Na slici 2 prikazan je dijagram ovisnosti propusne moći privoza o broju

vozila u prometnom toku kružnog raskrižja [2]. Može se zaključiti kako s povećanjem vozila u kružnom toku pada propusna moć privoza.

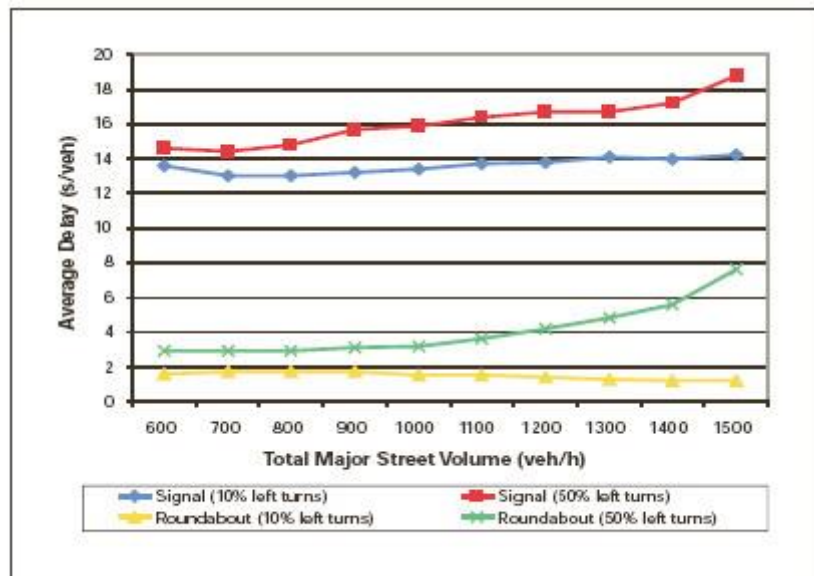


Slika 2 – Dijagram odnosa propusne moći privoza ( $C_p$ ) i prometa u kružnom raskrižju ( $q_k$ )

Kod ovih se raskrižja dodatno izvodi proračun kašnjenja, broj zaustavljanja i duljine kolona. Kao važan kriterij prilikom projektiranja nameće se osiguranje preglednosti u kružnom raskrižju. Razlikujemo dvije vrste preglednosti. Prva je preglednost na ulazu u kružno raskrižje i oko središnjeg otoka, dok je druga preglednost pri ostalim prometnim operacijama. Preglednost treba biti osigurana na način da vozač (visina oka 1,10 m (kod nas 1,20 m)) uočava prepreku visine 1,10 m, a pregledno polje mora dosežati do visine 2,0 m iznad kolnika (slika 4). Stoga, prometni znakovi na području preglednosti ne smiju biti postavljeni niže od 2,0 m, mjereno od kolnika do donjeg ruba znaka.



Slika 4 – Preglednost na ulazu u kružno raskrižje i pri ostalim prometnim operacijama



**SLIKA 9** Prosječna kašnjenja (s/vozilu) u odnosu s propusnom moći  
(vozila/h) pri prometu propisanog vršnog sata prema MUTCD

### 3.1.2.7. Kriterij okoline

- ❖ *Da li je rješenje s kružnim raskrižjem prihvatljivo rješenje sa stanovišta okolnog prostora i uređenja?*

Okolna izgradnja može naime "gušiti" prometno rješenje s kružnim raskrižjem, onemogućavati pogled na kružno raskrižje (u estetskom smislu), onemogućavati izvedbu prilaza u kružno raskrižje u pravcu, prouzrokovati ometan pogled na neku drugu, značajniju građevinu itd. Uža okolina predodređuje i uređenje središnjeg otoka kružnog raskrižja. Međutim, treba se voditi računa i o širem okolišu, slici pejzaža, mreži putova i postojećih drvoreda, ukratko o ukupnoj slici krajolika i elementima u njemu. Kod oblikovanja i uređenja treba uvijek voditi računa s jedne strane o sigurnosti vožnje, a s druge strane i o činjenici da je takvo raskrižje poseban akcent i točka pojačane pažnje.

### 3.1.2.8. Ekonomski kriterij

Radi se dvije provjere ekonomske opravdanosti.

- ❖ *Koliki će biti troškovi (izvedbe i održavanja) kružnog raskrižja u usporedbi s klasičnim kanaliziranim ili klasičnim semaforiziranim raskrižjem (električna energija, mijenjanje žarulja, servisiranje, zamjena djelova i dr.)?*
- ❖ *Koliko će uštedjeti cjelokupno društvo zbog smanjenja broja prometnih nezgoda?*

-vrši se usporedba prosječnog broja prometnih nezgoda na određenu jedinicu prometnog opterećenja za različite tipove raskrižja. Poznavajući trošak prosječne prometne nezgode, može se izračunati ušteda cjelokupnog društva prilikom izvedbe boljeg i sigurnijeg, u pravilu i skupljeg rješenja

## 3.2. PROVJERA ISPUNJAVANJA KRITERIJA

### 3.2.1. Provjera predloženog rješenja

Prije realizacije bilo kojeg zahvata na izgradnji novog ili rekonstrukciji postojećeg raskrižja u kružno potrebno je provjeriti koliko kriterija zadovoljava predloženo rješenje. Za prihvatanje prijedloga o izgradnji kružnog raskrižja morao bi biti ispunjen što veći broj kriterija ili rješenje ne smije biti u suprotnosti sa njima, a neki od njih moraju biti obavezni, u prvom redu kriterij prometne sigurnosti i propusne sposobnosti raskrižja.

U slučaju da opredjeljenje o opravdanosti primjene nije potpuno jasno i nedvosmisleno, može se primjeniti model ponderiranja vrijednosti utjecajnih čimbenika (ponderirani kriterij-pokazatelj utjecaja pojedinog kriterija na konačno rješenje). Vrijednosti utjecajnih čimbenika (odnosno ponderirani koeficijenti) se razlikuju od države do države, jer se razlikuju i okolnosti u pojedinim državama. Prilikom donošenja odluke o prihvatljivosti rješenja, ponderirani koeficijenti se međusobno zbrajaju i određuje se stupanj prihvatljivosti primjene rješenja sa kružnim raskrižjem.

### 3.2.2. Izmjene

Projektant treba biti spreman na izmjene/ kompromise:

<i>element</i>	<i>sigurnost</i>	<i>kapacitet</i>
Širi ulaz	manja	veći
Širi trak unutar kružnog toka	manja	veći
Širi radijus pri ulasku	manja	veći
Veći unutarnji promjer kruga	manja	veći
Veći kut između ulaza	veća	manji
Manji kut ulaza	Slabija preglednost	veći
Veća duljina preglednosti	Ne utječe	veći
Velike brzine	Manja	veći
Veliki kružni tokovi	Veća preglednost	veći

## 4. ZAKLJUČAK

Kružna raskrižja imaju svoje zakonitosti, u nekim slučajevima su optimalno i najbolje rješenje, dok u nekim slučajevima to nisu, i mogu samo stvoriti dodatne probleme u prometu i to treba jasno naglasiti. Stoga je prije primjene svakog rješenja sa kružnim raskrižjem neophodna detaljna i pažljiva analiza kako bi se utvrdilo da li to rješenje uistinu odgovara datim okolnostima na terenu. Nesmotrene i loše izvedbe kao i neadekvatno lociranje kružnih raskrižja na mjestima gdje nisu odgovarajuća mogu samo stvoriti lošu sliku općenito o takvom vidu rješavanja prometnih problema i dovesti do negativne reakcije javnosti, koja se može pretvoriti u općeniti negativan stav prema kružnim raskrižjima. Prvi korak u jasnom utvrđivanju stvarne potrebe za izvođenjem kružnog raskrižja jest uvođenje analize

(studije)opravdanosti primjene takvog rješenja za svaki konkretan slučaj. Analiza opravdanosti treba biti početni dio projektne dokumentacije kroz koju će se na objektivnan način izvršiti provjera opravdanosti primjene kružnog raskrižja u danim, odnosno očekivanim okolnostima na kraju planskog perioda. Primjenom metodologije provjere opravdanosti primjene kružnog raskrižja mogu se izbjeći izvedbe na neadekvatnim mjestima, a istodobno se investitoru može jasno i argumentirano predložiti potreba za izvedbu kružnog raskrižja naodgovarajućim lokacijama.

Raskrižja s kružnim tokom su sigurnija i pružaju veću propusnu moć u odnosu na klasična raskrižja. Pored toga, estetski su vrlo pogodna za gradske sredine, s brojnim mogućnostima uređenja središnjeg otoka. S obzirom na brojna pozitivna iskustva izgradnje kružnih raskrižja te njihovih prednosti u odnosu na klasična raskrižja, za očekivati je da će se u Hrvatskoj njihova izgradnja i dalje intenzivirati. Posebno uvažavajući činjenicu da je na našim cestama sve veći broj vozila, a da propusna moć postojećih raskrižja, pogotovo u gradskim sredinama, postaje nedostatna.

## LITERATURA

<http://e-gfos.gfos.hr/index.php/arhiva/broj-1/kruzna-raskrizja-suvremeni-nacin-rjesavanja-prometa-u-gradovima>

<http://www.gradst.hr/Portals/9/PropertyAgent/1167/Files/3053/RASKRI%C5%BDJA-OPCENITO1.pdf>

<http://teachamerica.com/RAB08/RAB08S3BMcCulloch/index.htm>

[http://teachamerica.com/RAB08/RAB08\\_Papers/RAB08S3BRitchie.pdf](http://teachamerica.com/RAB08/RAB08_Papers/RAB08S3BRitchie.pdf)

<http://teachamerica.com/RAB11/index.html>

\*\*\* kružni tokovi- završni rad 2008.